＜新素材・機械加工システム＞

数値制御（ＮＣ）工作機械の活用

―「課題研究」における作品製作分野の研究　―

県立南部工業高等学校教諭　山　城　良　隆

Ⅰ　テーマ設定の理由

高度情報化社会の今日，産業や交通機関，医療，科学研究など社会のあらゆる分野でコンピュータが活用され，科学技術は著しい進展を続けてきた。今後も，コンピュータそのものの進歩と相まって，科学技術はなお一層発展していくと思われる。機械産業においても設計から製造までコンピュータが活用され，工場ではいろいろな数値制御工作機械や産業用ロボットなどが活躍している。

産業構造の変化にともない，就業構造も大きく変化しており，それに対応するため,県内各工業高校においても「課題研究」を教育課程に位置づけ実施している。その目標は,工業に関する基礎的・基本的な知識と技術を身に付けること，自ら学ぶ意欲をもつこと，自ら問題を解決する能力をもつことなどの資質を身に付けさせることにある。

また県内工業高校の機械科･電子機械科のほとんどにＣＮＣ旋盤やマシニングセンタなどの数値制御工作機械が導入されており，本校でもＣＮＣ旋盤とマシニングセンタが導入され，２年生と３年生の１つの実習項目として実施している。ＮＣ工作機械はプログラミングや機械操作の学習にかなりの時間が必要であり，また実習課題作品も時間的な制約から，いくつかの要素作業を含む簡単な作品にならざるを得ず，ＮＣ工作機械が十分に活用されているとは言えないのが現状である。

ＮＣ工作機械についてもっと学んでみたいと思っている生徒に対応することや「課題研究」においてＮＣ工作機械を活用した作品製作をテーマとして取り組ませることによって，生徒が「作品製作」分野に多様なテーマを設定し取り組めるように，その研究をしていきたい。

「課題研究」の中で取り組むことによって次のことが成果として期待できる。

(1) 基礎から応用まで段階的な学習が出来，ＮＣ工作機械を活用する能力が身に付く。

(2) いろいろな要素作業，難しい要素作業を含んだ複雑な形状の作品製作が可能となる。

(3) 単部品を組み合わせ，互いに相対運動をする作品の製作が可能となる。

(4) 継続した取り組みで，技術が向上するにともない，意欲が増し，作品の完成度が高まる。

以上のことをふまえ，はじめてＮＣ工作機械を学ぶ生徒が，基礎から応用まで段階的に学習し，理解していくにはどのような指導の方法がよいか。単部品を組み合わせ，互いに相対運動をし，ある目的をもって仕事をする作品はどのようなものが考えられるか。ＮＣ工作機械を活用した作品を研究し，製作するとともに，その指導方法の研究と合わせて手引き書を作成することを目標に本テーマを設定した。

Ⅱ　研究内容

１　研究項目

(1) Windows95 の基本学習
(2) ＤＴＰの基礎・応用
(3) ＣＡＤ／ＣＡＭ技術の基礎・応用
(4) 溶接ロボットの基本操作
(5) ＣＮＣ旋盤のプログラミング及び加工技術の基礎・応用
(6) マシニングセンタのプログラミング及び加工技術の基礎・応用
(7) 課題作品に関する調査・研究
(8) 作品モデルの製作
(9) 手引き書及び報告書の作成

２ 本校「課題研究」の取り組みおよびＮＣ工作機械実習

(1)「課題研究」の取り組み

① 教育課程

３年生に３単位,必修科目として設定している。

② 班分けおよび担当教師

４つの班に分け，４人の教師で担当している。

③ テーマの設定

２年次で希望調査を行い，希望するテーマを類型に分け，それによって班分けを行っているが,３年次の年度始めに，担当教師と生徒個人，あるいはグループと話し合い,より具体的なテーマ，取り組みの方針，年間計画などを決めている。

④ 取り組みの流れ

「課題研究」は「自らテーマを設定し，計画し，　実施する」ことを目標にしているので計画は担当教師と生徒個人あるいは数人のグループとの話し合いで決

めているが，大筋の流れは次の通りである。
(ア)テーマ，取り組みの方針，年間計画などについての話し合い→
(イ)研究の実施（作品の製作），ときにはテーマ，方針，計画の見直し→
(ウ)研究のまとめ(報告書作成,研究発表準備)→
(エ)「課題研究」の発表→

(2) ＮＣ工作機械の実習

本校ではＮＣ工作機械実習として,ＣＮＣ旋盤とマシニングセンタの操作およびプログラミング実習を,２年（５単位）ではＣＮＣ旋盤を中心に，３年（３単位）ではマシニングセンタを中心に４ローテーションの１実習項目として,機械制御という実習項目名で実施している。

３ ＣＮＣ旋盤の操作・プログラミング学習の計画

年度当初,「課題研究」の授業が始まると，生徒個々の「テーマの設定」,「取り組みの方針」,「年間計画」などの話し合いが，担当の教師を交え，スタートすることになるが,［ＮＣ工作機械を活用した作品製作］を取り組む場合，機械の操作にある程度慣れ，プログラミングが理解できるようになったところで,「何かを作ってみたい」という気持ちが高まってくると思われる。そこで,「テーマの設定」その他の話し合いを進めながら同時に，機械の操作・プログミングの学習を行っていくのがよいと思う。また，機械の操作とプログラミングの学習は交互にそれぞれの理解を補完するように行うのが能率的であると考え, 次表のような計画を立ててみた。

表１　ＣＮＣ旋盤の操作・プログラミング学習の計画（案）

週	項　　目	内　　容
１	ＣＮＣ旋盤の概略 加工図面から作品の完成まで	ＣＮＣ旋盤の特長，汎用旋盤との違い 今後の学習の流れを把握する
２	座標系 機械操作	ＣＮＣ旋盤の座標系，機械座標，加工原点 電源投入から運転準備完了まで 軸移動操作，機械原点復帰操作（手動）
３	加工図面の作成 プログラム用語 プログラムの構成	プログラムの作成が容易な作図の仕方 アドレス，データ，ワード プログラム番号，シーケンス番号，パートプログラム
４	Ｇコード Ｍコード Ｓコード 機械操作	Ｇコードの機能，Ｇ00,Ｇ01,Ｇ96,Ｇ50 Ｍコードの機能，Ｍ03,Ｍ04,Ｍ05,Ｍ08,Ｍ09, Ｍ01,Ｍ30 周速，切削速度，回転数，それぞれの単位 主軸の回転操作（手動），ワークのチャッキング
５	Ｔコード Ｆコード 機械操作	工具番号，工具補正番号 送り速度 工具の割り出し操作 工具の取り付け，取り外し
６	プログラミングの学習 機械操作	端面加工，外径加工，荒加工，仕上げ加工 加工原点の設定,プログラムの入力・編集
７	Ｇコード プログラミングの学習 機械操作	Ｇ02,Ｇ03, 円弧切削 工具の形状補正値の設定操作
８	Ｇコード プログラミングの学習 測定の学習	Ｇ９７，Ｇ０４ みぞ加工，ネジ加工 ノギスの原理,使い方
９	プログラミングの学習 機械操作	切削サイクル 生爪の成形
１０	プログラムチェック運転 自動運転	空運転，シングルブロック運転 作品の完成

４　ＣＮＣ旋盤手引き書の作成

(1)手引き書作成の方針

①加工図面から作品の完成までの作業手順にそって学習を進め，その過程で適切に活用していける手引

き書にする。
②図解などを取り入れ，はじめてＣＮＣ旋盤を学習する者にとって解りやすい手引き書をめざす。
③工具の取り付け,取り外し,工具形状補正値の設定,生爪の加工などは教師の側で行い,生徒が経験することが少ない項目であるが「課題研究」で取り組む場合,可能と思われるので,掲載する。

(2) 手引き書の項目

第１章　加工図面から作品の完成まで
第２章　ＣＮＣ旋盤の操作
①電源投入から運転準備完了まで
②手動操作
・軸移動
・機械原点復帰
・主軸の正転，逆転，停止
・ワークのチャッキング
・工具の割り出し操作
③工具の取り付け，取り外し
④工具形状補正値の設定
⑤加工原点の設定
⑥プログラムの入力，編集
⑦生爪の成型（チャックメイトを使用）
⑧プログラムチェック運転（シングルブロック）
⑨メモリ運転（自動運転）
第３章プログラミング
①座標系（座標軸）
②プログラム用語（アドレス，データ，ワード）
③プログラムの構成
④Ｇコードおよびプログラム例
・Ｇ００　Ｇ０１　Ｇ９６ 端面，外径，内径加工
・Ｇ０２　Ｇ０３　　円弧切削，テーパ加工
・Ｇ９７　Ｇ９２　　ネジ加工，みぞ加工
・Ｇ９８　Ｇ９９　　回転工具による加工
Ｍコード
・Ｍ００,Ｍ０１,Ｍ０８,Ｍ０９,Ｍ０２
・Ｍ０３,Ｍ０４,Ｍ０５,Ｍ３０
⑥　Ｆコード
⑦　Ｓコード
⑧　Ｔコード

(3) 手引き書の内容（抜粋）

第１章　加工図面から作品の完成までの流れ
１-1 加工図面
　ＣＮＣ旋盤を使用し,作品を作るにはまず正確な図面を書くことから始めなければならない。寸法の記入は端面を基準として記入していけばよい。
プログラムの作成が容易となる。

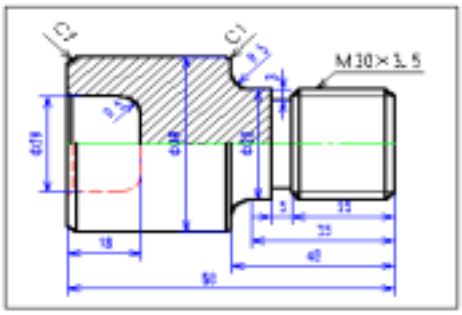


図１　加工図面

1-２　加工工程
　チャッキングの方法などを考慮し加工工程を決める。図１の加工図面の場合,図の左側部分を先に加工し,左右を逆にしてチャッキング,右側部分を加工すればよい。

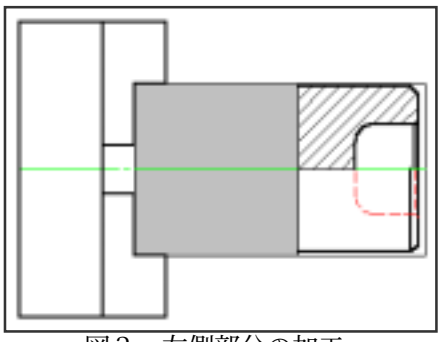


図２　左側部分の加工

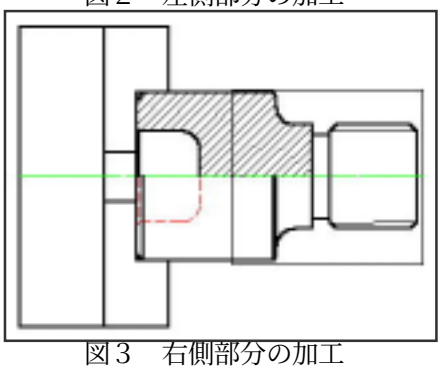


図３　右側部分の加工

1-３　プログラミング
加工工程にもとづいてプログラムを作成する。

```
加工工程          O0002 ;
  1,荒加工        N1(ARA) ;
(1) 端面          G50 S1500 ;
(2) 外形          G00 T0303 ;
  2,仕上げ加工    G96 S120 M03 ;
(1) 端面          X55.0 Z10.0 M08 ;
(2) 外形          G01 Z0.5 F1.0 ;
  3,センタ穴加工  ・・・・・・
```

図４　加工工程・プログラム

1-４　材料の準備
加工図面から直径や長さを決め,材料を準備する。

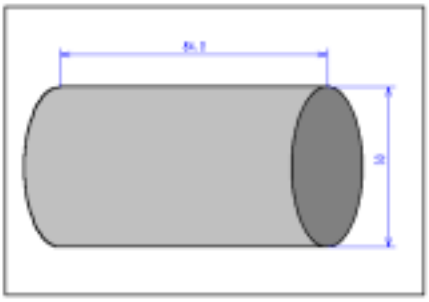


図５　材料（軟鋼丸棒）
(以下省略)

第２章　ＣＮＣ旋盤の操作
2-１　手動操作
（１）手動軸移動操作（工具の移動操作）
　電源を投入し，運転準備が完了したら次に手動で軸移動操作（工具の移動操作）を行ってみよう。
手動軸移動操作は，機械原点復帰や加工原点の設定，工具の形状補正などいろいろな操作で必要となる。
○工具が移動する方向……ＣＮＣ旋盤では図６のようにＸ軸，Ｚ軸の座標系に従って移動する。

○軸移動操作の方法……手動で軸移動操作を行うには,次の３つの方法がある。
　早送り…　工具が速く移動する。
　ジョグ…　工具がゆっくりと移動する。
　ハンドル…工具が手でハンドルを回すのに応じて移動する。
　（手動操作で，手動パルス発生器を回す）

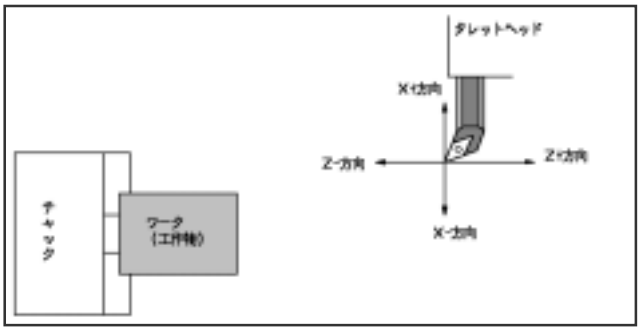


図６　工具が移動する座標系

○手動軸移動操作の手順
①モード選択スイッチで[早送り] [ジョグ] [ハンドル]のいずれかを選択,その後は次の手順で操作する。

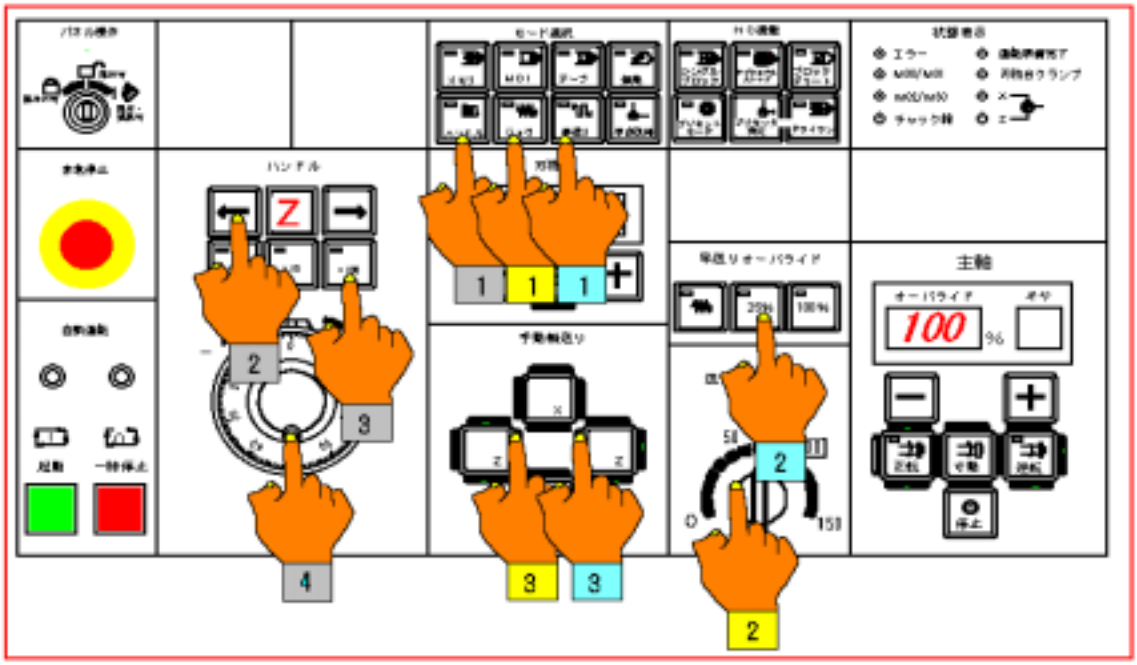


図７　機械操作パネル…軸移動操作の手順

早送り
- ②早送りオーバライドスイッチ（[100%] [25%] [ジョグ]）のいずれかを押す。
- ③手動軸送りスイッチ（[X] [Z]）の移動したい方向のスイッチを押す。
- ●スイッチを押している間だけ工具は移動,停止させたいところで手を離す。
- ●手動で工具の位置決めを行うときに使用する。

ジョグ
- ②送りオーバライドスイッチで送り速度を設定する。
- ③手動軸送りスイッチ（[X] [Z]）を押す。
- ●スイッチを押している間だけ工具は移動,停止させたいところで手を離す。
- ●切削距離の長い生爪加工やワークを軽く切削するときに使用する。

ハンドル
- ②ハンドル軸選択スイッチ（X　Z）で移動したい軸を選ぶ。
- ③送り量選択スイッチ（×100　×10　×　1）で送り速度を選ぶ。
- ④手動パルス発生器のハンドルを回す。（回している間軸移動）
- ●生爪加工やワークの加工原点を設定するなど，軽く切削するときおよび最終位置決めの微調整に使用する。
- ●送り量　最小移動単位（0.001mm）に対する倍率を示す。

（２）機械原点復帰操作

機械原点とは・・・機械（ＮＣ旋盤）に定められた機械座標の原点であり,加工原点設定や工具形状補正などの基準となる。

○原点復帰は以下の場合などに行う。

・電源を投入したとき。

・工具を取り付けた後，工具補正を出す準備として。

・非常停止状態を解除した後。

・マシンロック機能を有効から無効に切り替えたときなど。

○原点復帰操作の手順（図８参照）

準備

- ・状態表示ランプ…運転準備完了
- ・前ドアを閉め，ドアインターロックスイッチを【通常】にする。
- ・パネル選択スイッチを【操作可】あるいは【操作・編集可】にする。

①モード選択スイッチ原点復帰を押す。

②早送りオーバライドスイッチで送り速度を設定する。（２５％）

③手動軸送りスイッチを押す。

（Ｚ＋方向，Ｘ＋方向）

・機械原点に早送りで接近し，自動的に減速して停止する。

・原点復帰完了…状態表示ランプが点灯する。

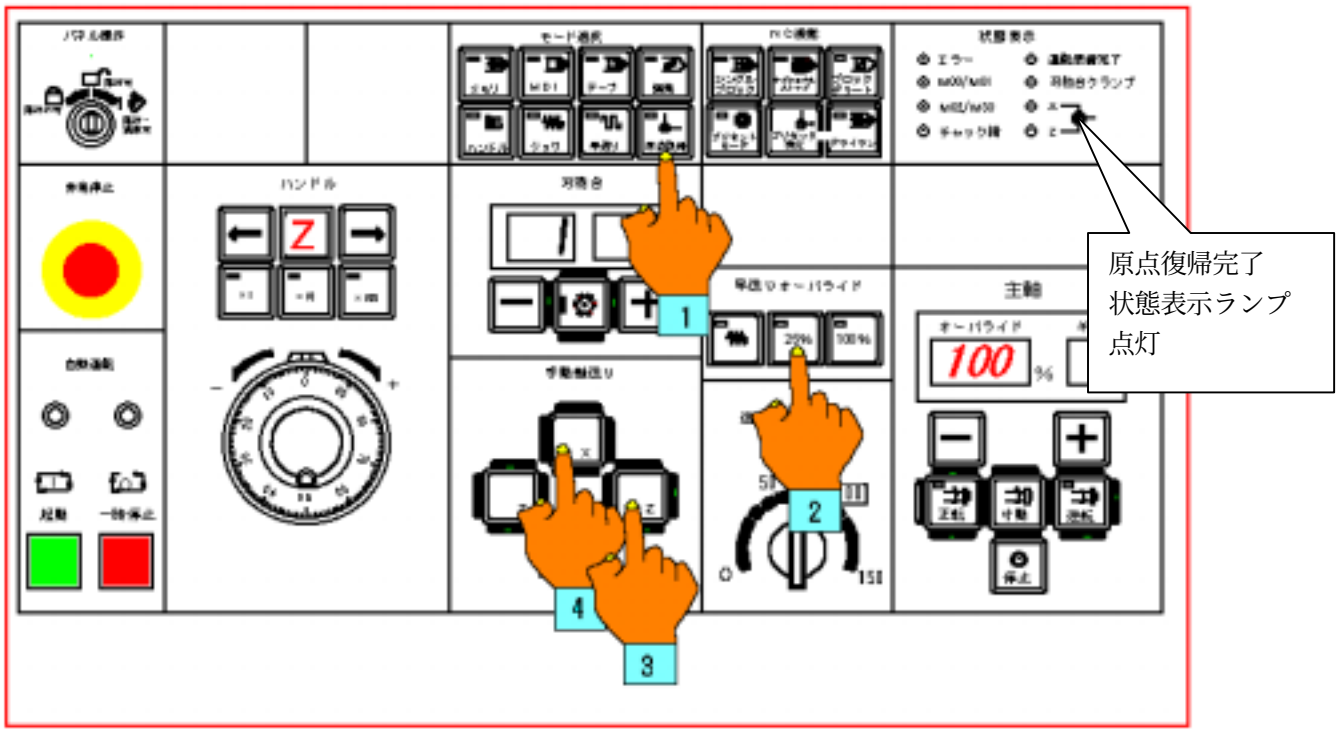


図８　機械操作パネル…原点復帰操作

（３）工具刃先の形状補正値の設定

工具の割り出し操作（工具の選択）を行ったとき，工具の刃先位置はそれぞれ異なる。（タレットヘッドを回転させたときの回転半径が異なる）

……　（図９参照）

プログラムで工具の移動指令を行うときには,使用するすべての工具が指令値どおりの動きをする必要がある。そこで,それぞれの工具の刃先位置をＮＣデータとして設定する。この設定値を工具刃先の形状補正値といい,ツールプリセッタを使って設定する。

プリセッタのスタイラス各面に工具の刃先を接触させると形状補正値がＮＣデータとして設定される。

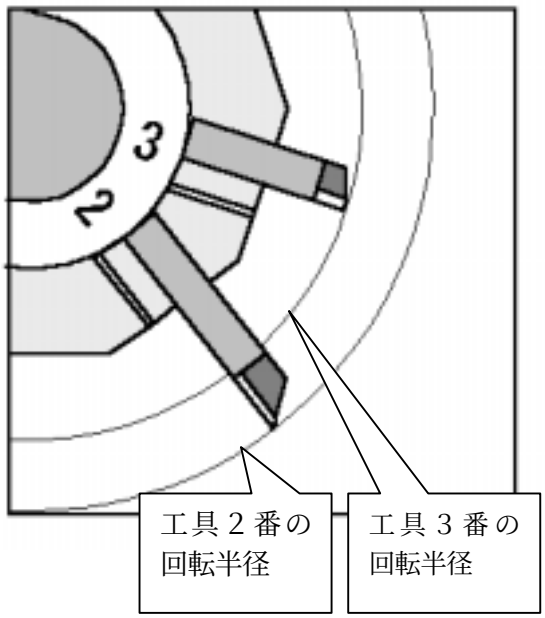


図９　工具刃先の回転半径

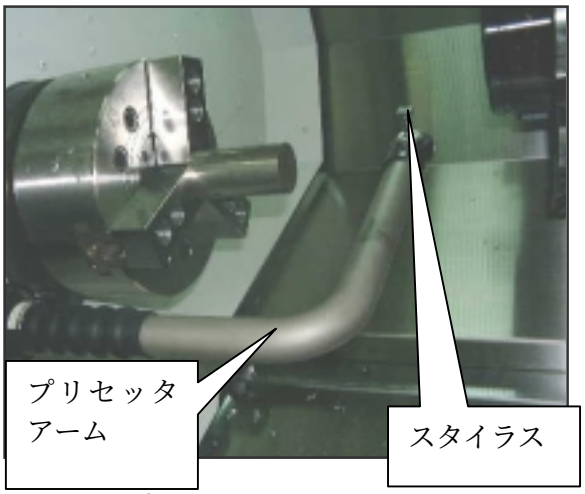


写真１　ツールプリセッタ

○形状補正値設定操作の手順

準備

・状態表示ランプ…運転準備完了
・前ドアを閉め，ドアインターロックスイッチを【通常】にする。
・パネル選択スイッチを【操作可】あるいは【操作・編集可】にする。

①手動操作で原点復帰（Ｘ軸，Ｚ軸）を行う。

②モード選択スイッチを　ハンドル　ジョグ　早送り　のいずれかにする。

③プリセッタアームを機械に取り付ける。

・ロッキングレバーを反時計方向に回し，ベースに取り付けられている保護カバーを取り外す。
・プリセッタアームを収納箱から取り出し，ベースに取り付ける。

注意●収納箱からの取り出し,持ち運ぶときなどプリセッタアームに衝撃を与えないように注意する。

・ロッキングレバーを時計方向に，止まるまで締める。

④ＮＣ機能スイッチ　プリセッタモード　を押す。（ランプ点灯）

・工具形状補正画面が表示される。

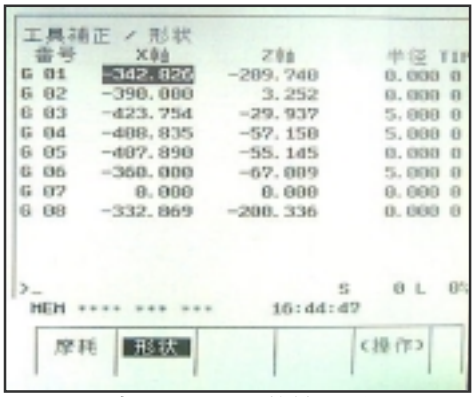


写真２…工具形状補正画面

注意●プリセッタアームを取り付けてからプリセッタモードにし，プリセッタモードを解除してからプリセッタアームを取り外す。

⑤測定する工具を割り出す。

・割り出された工具の項目が自動的に反転表示される。

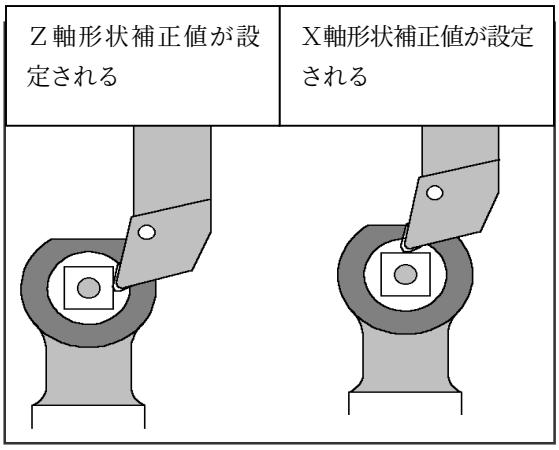


図 10 スタイラスに工具を接触させる

⑥工具をプリセッタのスタイラスに近づける。

・工具をプリセッタアームに干渉させないよう，細心の注意が必要である。
・はじめは早送りで移動し，プリセッタアームに近づいたところでハンドル操作に変え 100%，10%,1%と移動の速さを遅くしていけばよい。

⑦スタイラスに工具の刃先を接触させる。（図 10）

X軸方向　Z軸方向

・接触と同時に自動的に形状補正値が入力される。

⑧刃物台を移動させる。（タレットヘッドが旋回したとき工具とプリセッタアームが干渉しない位置に）

⑨他に測定する工具があれば，その工具を割り出し，同じ方法で行う。

⑩プリセッタモードスイッチをオフにする。

⑪前ドアを開け，プリセッタアームを機械から取り外し格納する。

（4）加工原点の設定

・加工原点とは

ＮＣ工作機械は工作物（ワーク）に対する工具の動きを中心にプログラムを作成し，加工運転が行われる。工具が工作物（ワーク）に対してどの位置にあるかを座標系で設定する。ＣＮＣ旋盤ではワークに固定されたX，Zの直交座標系でプログラムを作成する。その座標系の原点（X軸とZ軸の交点）を加工原点（又はプログラム原点）という。

○加工原点設定の方法

ツールプリセッタを使用し，使用する工具の形状補正値を設定して後，プリセットモードで，プリセッタスタイラスの測定面からワークに設定するＺ０（加工原点）までの距離を座標系として設定する。

○加工原点設定の手順

準備

・状態表示ランプ…運転準備完了
・前ドアを閉め，ドアインターロックスイッチを【通常】にする。
・パネル選択スイッチを【操作可】あるいは【操作・編集可】にする。

①原点復帰操作を行う。

②ワーク座標系設定画面を表示する。（写真３）

③プリセッタモードスイッチを押す。（オンする）

④工作物（ワーク）をチャックに取り付ける。

・ドアインターロック【解除】，前ドアを開けワークを取り付ける。

⑤端面加工が可能な工具を呼び出す。

⑥手動操作で工具をワークに近づける。

⑦手動操作で主軸を回転させ，回転後適切な回転速度に調整する。

⑧ハンドル送り操作で端面を軽く切削する。

・　切削後，Z方向に移動させないこと。

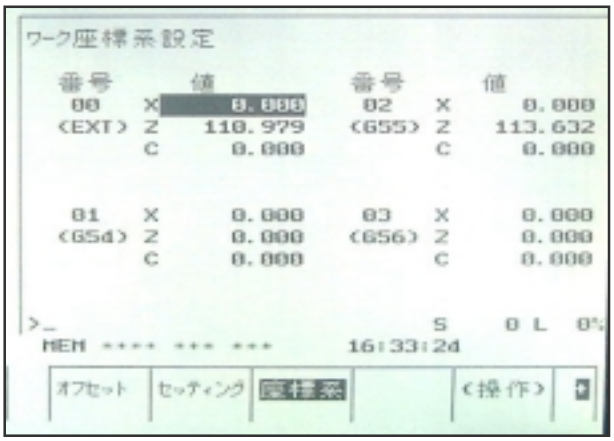


写真３　ワーク座標系設定画面

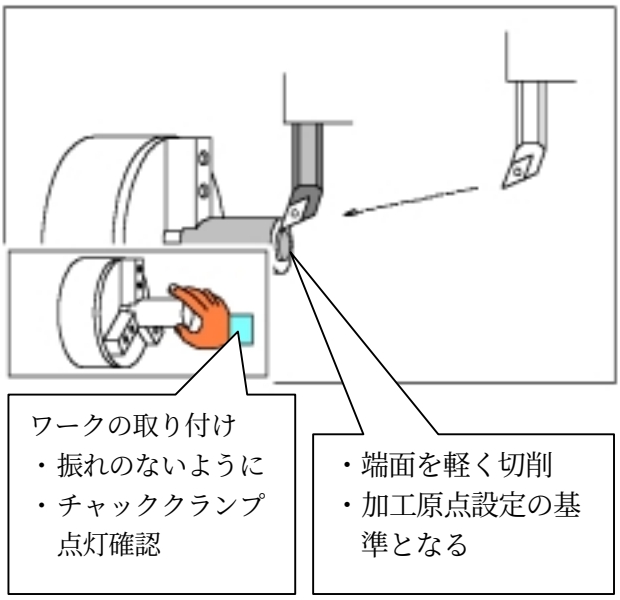


図 11　加工原点設定

⑨プリセッタ測定スイッチを押す。

・ワークシフト補正値がワーク座標系設定画面の番号 00（ＥＸＴ）の“Ｚ”に入力される。

⑩プリセッタモードスイッチを押す。（オフする）

⑪手動で工具をワークから離し，主軸を停止，原点復帰操作を行う。

⑫ワークの全長を測定し，端面の取り代を決める。

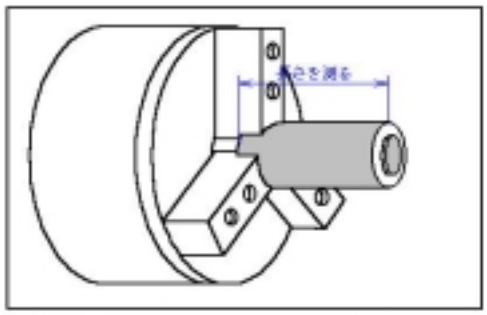


図 12　ワークの長さ測定

⑬取り代をワークシフト補正量として入力する。

（例）ワークの全長を測ったら 83mm であった。

加工図面の工作物の長さが 80mm であるとすると両端から 1.5mm づつ切削して 80mm にすればよい。（ワークシフト補正量＝1.5mm）

・ソフトキー（操作）を押す。
・データ入力キーで取り代(1.5)を書き込む。
・ソフトキー【＋入力】を押す。

第３章　ＣＮＣ旋盤のプログラミング

３－１　G機能（準備機能）

(1)　G00　　（位置決め…早送り）
(2)　G01　　（直線補間…切削送り）
(3)　G02　　（円弧補間…時計方向の切削送り）
(4)　G03　　（円弧補間…反時計方向の切削送り）

○G02,G03 の使用例（荒加工の後，仕上げ加工を行う）

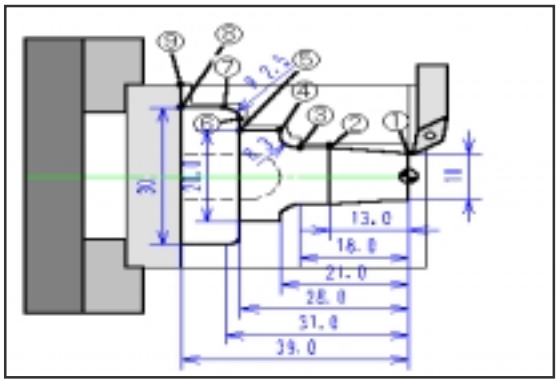


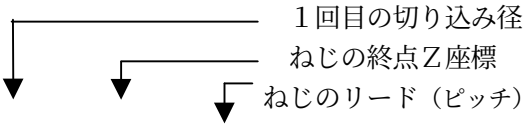
図 13　円弧切削

O8005; ……（プログラム番号）
N2; ……（シーケンス番号）
G50　S2000;　（最高回転速度を 2000rpm に設定）
G00　T0303;　（工具を工具番号 03 の工具に設定）
G96　S120　M03;　（切削速度を 120m/min に設定）
X10.0　Z10.0　M08;（早送りで工具をわーくに近づける）
G01　Z3.0　F1.0;（工具をワークにゆっくり近づける）
Z0　F0.1;　……①（直線切削）
X14.0　Z-13.0;　……②（テーパ切削）
Z-18.0;　……③
G02　X20.0　Z-21.0　R3.0;④円弧切削時計方向
G01　Z-28.0:　……⑤（直線切削）
X25.0;　……⑥
G03　X30.0　Z-30.5　R2.5;…⑦　円弧切削反時計方向
G01　Z-39.0;　……⑧（直線切削）
X40.0;　…… ⑨
G00　U1.0　Z10.0　M09;
X200.0　Z150.0　M05:（ワークから遠ざかり工具交換位置へ）
M01;　……（オプショナルストップ）

(5)　G92（ねじ切りサイクル）

ねじを切るときは，何回かに分けて，徐々に深くねじを切るがそのサイクルでねじを切るときに指令する。

○指令の方法



G92　X　　Z　　F　　；
X　　……２回目の切り込み径
X　　……３回目の切り込み径
X　　……４回目の切り込み径
　　…
X　　……最終切り込み径

○G97,G92 の使用例（外径ねじ切り加工…M20-2.5）

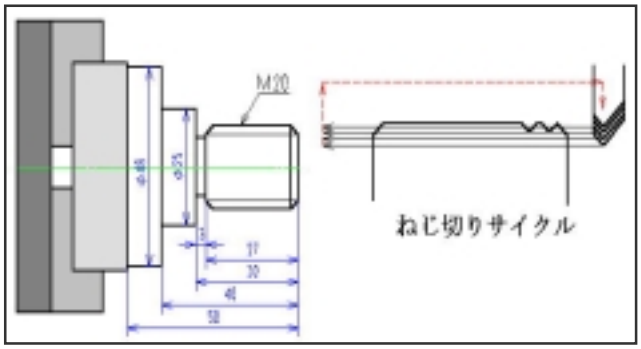


図 14　ねじ加工

O0004 ; …… プログラム番号
G00　T0303 ; …… 工具の選択（外形ねじ切り）
G97　S800　M03 ;　… 800rpm で主軸正転
X60.0　Z20.0　M08 ;　工具をワークに近づける
G01　Z10.0　F1.0　M24 ;ねじ切り開始点に移動
G92　X19.3　Z－52.0　F2.5 ;ねじ切りサイクル開始
X18.7 ;　……２回目の切り込み径
X18.2 ;　……３回目の切り込み径
X17.8 ;　……４回目の切り込み径
X17.4 ;　……５回目の切り込み径
X17.1 ;　……最終切り込み径
G00　X200.0　Z150.0　M09 ; 工具がワークから遠ざかる
M01 ;

3-2　M機能（補助機能）

(1)M03　主軸正転（時計方向回転）
(2)M04　主軸逆転（反時計方向回転）
(3)M05　主軸停止
(4)M00　プログラムストップ
(5)M01　　オプショナルストップ
(6)M02　　プログラム終了

(7)M30　　プログラム終了と頭出し
(8)M08　　クーラント　　ＯＮ
(9)M09　　クーラント　　ＯＦＦ
3-3　Ｔ機能　　工具（tool）の設定
3-4　Ｓ機能　　主軸（spindle）機能
3-5　Ｆ機能　　工具の送り量を指令する。

５　教材作品の製作

ＣＮＣ旋盤のプログラミング学習を行うのに，加工工程ごとの実物見本があれば一目瞭然である。それぞれの加工工程終了後の見本と完成品を準備し，それを提示することによって，プログラミングが分かり易いようにするため,実物見本を製作した。

(1)加工図面

加工工程やプログラムが理解しやすいものとした。

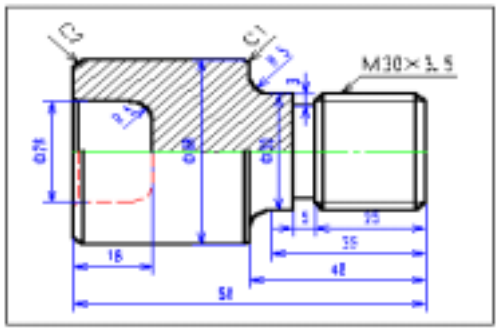


図 15　加工図面

(2)実物見本

写真４　左側加工終了

写真５　右側　荒加工終了

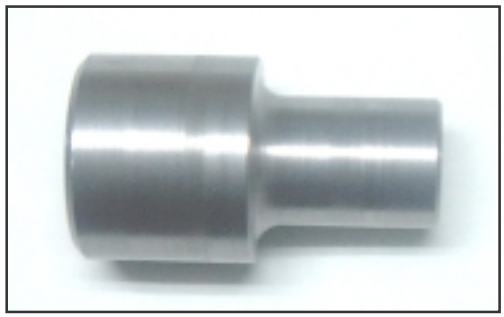


写真６　右側　仕上げ加工終了

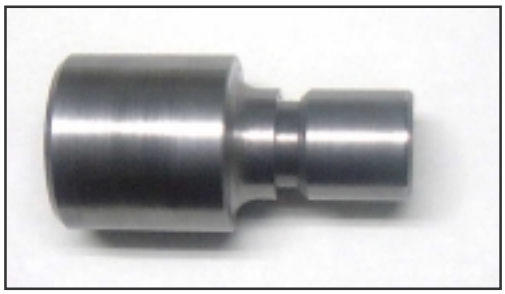


写真７　右側　みぞ加工終了

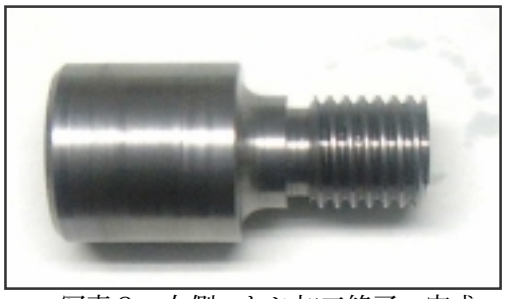


写真８　右側　ねじ加工終了…完成

６,「課題研究」作品製作，作品例の試作

作品例として蒸気エンジン模型を試作した。構造が簡単でプログラミングしやすい部品にすることを心がけた。

(1) **製作した部品**

写真９…シリンダ,シリンダ蓋,ピストン
ピストン棒

写真 10…ピストン式滑り弁（シリンダ,シリンダ 蓋,
滑り弁,滑り弁棒）

写真 11…クランク機構,フライホィール

(2)部品製作の方法や気づいたこと

①シリンダとピストンなどのように互いに摺動する部品の場合，内径と外径の高い精度が要求される。　切削と測定を繰り返しながら，プログラムでの指令値と実測値の誤差を読みとり，工具の形状補正値を微修正しながら部品の製作を行った。

②シリンダとピストンはスムーズに動いても，それにシリンダ蓋，ピストン棒などをボルトで組み付けると，スムーズに動かなくなり，それぞれの中心線を合わせることの難しさを痛感した。

③シリンダ蓋などのように長さの短い部品を作る場合，治具を使って工作した。治具を使って工作する場合，次のことが大事であることが解った。

・切削に耐える十分な剛性があること。

・振れのないように取り付けること。

④回転工具の活用でシリンダにシリンダ蓋などの端面穴加工などが容易に行えた。

III　まとめと今後の課題

科学技術の進展著しい今日,産業界で活躍が期待される工業高校生にとって,「新しい技術を学ぶ心構え」が必要かつ欠くべからざるものとなっている。一方,多様化した生徒に如何に対応するか,技術の進展に如何に対応するか,教育活動のいろいろな場で話し合われている重要な課題である。

新技術を身に付け,「課題研究」その他でそれを活かすことを目標に,主にはＣＮＣ旋盤の操作及びプログラミングに関して研修を行うとともに,手引書の作成と作品の試作に取り組んできた。

ＣＮＣ旋盤の操作およびプログラミングについては,工具の取り付け取り外しから始め,工具の形状補正値や加工原点の設定その他,基本的な操作を繰り返しながらプログラムの作成と加工を行ってきた。繰り返す中でそのつど新しい発見があり,また,プログラムと加工後の作品の仕上がりが,しだいにイメージできるようになってきた。科学技術は進展しても,科学の基本に変わりはなく,ＣＮＣ旋盤においても切削速度,回転数,切り込み量などの物理量の設定が大事であることを再認識した。またこれまで経験のなかった生爪の成形や回転工具を使用したプログラミング及び加工を行い,貴重な体験になった。手引書については,図や写真を活用し,「解りやすい手引書」を目標に作成したつもりであるが,生徒にとって解りやすいかどうかが大事であり,今後授業の中で検証することによって確かめ,生徒の反応や感想などを参考にしながら修正を図っていきたい。　作品としては,プログラミング学習に利用するため,加工工程ごとの実物見本と蒸気エンジン模型を試作した。その中で,シリンダとピストンや**おねじ**と**めねじ**など,部品と部品を組み合わせることの難しさを痛感した。今後も研究を継続し,いろいろな作品の製作に挑戦していきたい。

課内研修でレーザー加工機や光造型機,溶接ロボット,ＦＭＳ,ＣＡＤ／ＣＡＭその他,先端技術の概略を学ぶことができ,新技術に対する認識が深まったと思う。中でもＣＡＤ／ＣＡＭは作品製作との関わりが大きく,今後さらに自己研修に努めていきたい。

＜主な参考文献＞

（株）森精機製作所	『取扱説明書（操作説明書,プログラミング説明書）』	（株）森精機製作所	1992
ツールエンジニア編集部	『でか版技能ブックス④ＮＣ旋盤活用マニュアル』	（株）大河出版	1994
中川照子	『機械工作要論』	理工学社	1986